

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-282723
(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl. G11B 9/00
G01N 37/00

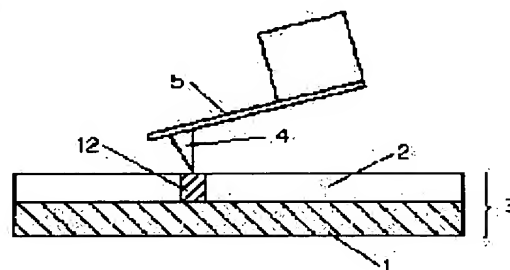
(21)Application number : 08-089232 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
(22)Date of filing : 11.04.1996 (72)Inventor : TODA TAKAO
KADO HIROYUKI

(54) INFORMATION RECORDING DEVICE, INFORMATION RECORDING METHOD AND INFORMATION REPRODUCING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly durable super-high density recording device and super-high density recording method capable of decreasing the voltage necessary for writing and erasing and increasing the voltage at which an amorphous semiconductor thin film constituting a recording medium or a conductive probe begins to receive damage.

SOLUTION: This device records data bit by impressing the voltage between the conductive probe 4 disposed at the front end of a cantilever 5 and the recording medium 2 contg. the amorphous semiconductor thin film 2 in the state of bringing the conductive probe 4 into contact with or proximity to the surface of the recording medium 3. The conductive probe 4 is composed of diamond of a (p) type. The amorphous semiconductor thin film 2 is composed of a material contg. at least one kind selected from Ge, Si, Sb or Te.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-282723

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	F I
G11B 9/00	9075-5D	G11B 9/00
G01N 37/00		G01N 37/00 F

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願平8-89232

(22) 出願日 平成8年(1996)4月11日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 任田 隆夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 加道 博行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

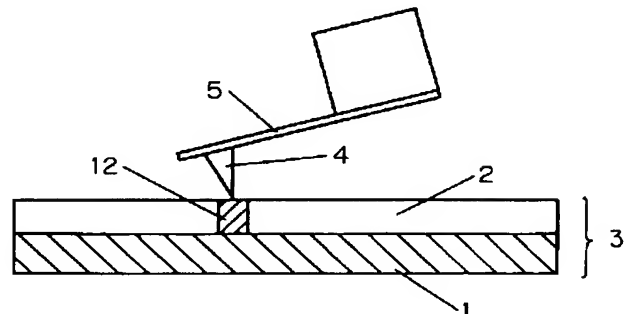
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 情報記録装置、情報記録方法及び情報再生方法

(57) 【要約】

【課題】 書き込みや消去に必要な電圧を低減するとともに、記録媒体を構成するアモルファス半導体薄膜、あるいは導電性探針が損傷を受け始める電圧を増大させることができ、耐久性の高い超高密度記録装置および超高密度記録方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 カンチレバー5先端部に設けられた導電性探針4をアモルファス半導体薄膜2を含む記録媒体3表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針4と記録媒体2との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であり、導電性探針4がP型のダイヤモンドで構成され、アモルファス半導体薄膜2がGe、Si、SbまたはTeから選ばれる少なくとも1種類を含む材料で構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、前記導電性探針が前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成されていることを特徴とする情報記録装置。

【請求項 2】導電性探針が Ge、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも 1 種類を含有していることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録装置。

【請求項 3】カンチレバーのバネ定数が 0.5 N/m 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録装置。

【請求項 4】導電性探針がダイヤモンドで構成されたことを特徴とする請求項 1 に記載の情報記録装置。

【請求項 5】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型が P 型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に前記探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、導電型が N 型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に前記探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することを特徴とする情報記録方法。

【請求項 6】記録媒体表面が厚さ 2 ミクロン以下、2 ナノメートル以上の絶縁性液体で被覆されていることを特徴とする請求項 5 に記載の情報記録方法。

【請求項 7】アモルファス半導体薄膜材料が Ge、Si、Sb および Te から選ばれる少なくとも 1 種類を含有していることを特徴とする請求項 5 に記載の情報記録方法。

【請求項 8】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型が P 型の導電性探針を用いる場合には、前記探針に負の電圧を印加した状態で、前記探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記探針に正の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトし、導電型が N 型の導電性探針を用いる場合には、前記探針に正の電圧を印加した状態で、前記探針を前記記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記探針に、負の電圧を印加することによりデータ・ビットを

オーバーライトすることを特徴とする情報記録方法。

【請求項 9】アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、前記アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の材料で構成された導電性探針を接触させた状態で、前記導電性探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して記録されたデータ・ビットを再生する情報再生方法であって、前記記録導電性探針と記録媒体との間に書き込み時と同じ極性の電圧を印加した状態で、前記導電性探針を前記記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、前記導電性探針と前記記録媒体との間に流れる電流を検出して、データ・ビットを再生することを特徴とする情報再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、原子間力顕微鏡（以下「AFM」称する）技術を応用した情報記録装置およびそれを用いた情報記録方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在、実用化されている情報の記録方法の代表例としては、下記に示す 4 種類の方法が挙げられる。

【0003】まず第 1 に、磁気テープ、磁気ディスク等の強磁性体微粒子の磁化方向を変化させ、あるいは検出することにより情報の記録、再生を行う磁気記録方法、第 2 に、光ディスク等のディスク上に形成されたビットをレーザー光を利用してピックアップする光記録方法、第 3 に磁気カー効果やファラデー効果などの磁気光学効果を有する光磁気膜にレーザー光と外部磁場を利用して記録、再生を行う光磁気記録方法、第 4 に、結晶相とアモルファス相をレーザー光の熱エネルギーによって制御し、それらの間の屈折率の違いをレーザー光で検出する相変化記録方法である。

【0004】上記の 4 種類の記録技術はすべて記録密度の向上を目指しているものであるが、いずれも記録密度の向上に関しては原理的に限界を有している。例えば、第 1 の方法である磁気記録方法の場合には、磁性材料の磁化状態を利用して記録するために、磁区の微小化と検出信号の微弱化との兼ね合いから記録密度には限界がある。また、第 2 の方法である光記録方法の場合には、記録、再生できるビット径はレーザー光の集光スポット径に依存するが、このスポット径は、レーザー光の波長により制限される。さらに、第 3 及び第 4 の方法である光磁気記録方法、相変化記録方法に関しても、レーザー光を利用して記録を行うために、上記の第 2 の方法と同様の理由から限界がある。

【0005】以上のような、記録の高密度化への課題を解決するために、近年、走査トンネル顕微鏡（以下「STM」という）や AFM などの走査型プローブ顕微鏡（以下「SPM」という）技術を応用した超高密度記録方法が提案されている。これは、記録媒体の表面形状に

変化を生じさせたり、表面の物理的性質に変化を与えることにより情報を記録するというものである。

【0006】上記したSTMにより記録媒体の表面形状に変化を生じさせたり、表面の物理的性質に変化を与える方法としては、下記に示すような3種類の方法が提案されている。まず第1に、探針を記録媒体に直接押し付ける機械的加工法、第2に、探針と基板との間に強電界を発生させ、探針材料を記録媒体表面に堆積させたり、記録媒体表面から物質を除去する電界蒸発法、第3に、探針と記録媒体との間に電圧を印加し、流れる電流の熱エネルギーを利用して表面状態を変化させる電気的方法などである。また、AFMを用いた記録方法においても、STMの場合と同様な提案がなされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】まず上記したSTMを用いた電気的な記録方法は、記録密度を $1\text{ Tb}/\text{i n}^2$ 以上に上げることができる可能性がある点では有望である。

【0008】しかしながら、信号の書き込み、読み出し速度を大きくするには、探針を記録媒体表面からnmのオーダーで離れた位置に高速に高精度で制御する必要があるために実用化の面で問題が多い。また、記録時に探針と記録媒体とが離れているために、比較的大きな電圧を印加する必要がある、探針が破損し易いといった問題点がある。さらに、電気的方法で変化させた表面状態を、トンネル電流を検出して再生する場合、記録媒体表面にそもそも存在する表面の凹凸の情報が検出されるトンネル電流に含まれるために、これらの情報を分離する複雑な操作や装置が必要となる。

【0009】一方AFMを用いた電気的な記録方法においても、記録密度を $1\text{ Tb}/\text{i n}^2$ 以上に上げることができる可能性があり有望であるものの、書き込み速度を速くするために、書き込みパルス幅を小さくし、パルス電圧を高くすると探針が破損するといった問題点がある。

【0010】そこで本発明は、上記した従来技術における課題を解決するため、AFM技術を応用し、超高密度で書き込み速度が速く、記録用の探針が破損してしまうといった問題点が生じず、耐久性にも優れた情報記録装置およびそれに用いる情報記録方法を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の情報記録装置は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、導電性探針がアモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成されたものである。

【0012】また、本発明に係る情報記録装置の第2の構成は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、記録媒体表面は厚さ2ミクロン以下、2ナノメートル以上の絶縁性液体で被覆されていることを特徴とする。

【0013】また、本発明の第1、第2の構成においては、アモルファス半導体薄膜材料がGe、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含むことが好ましい。

【0014】また、本発明の第1、第2の構成においては、導電性探針がGe、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも1種類を含み、カンチレバーのバネ定数が $0.5\text{ N}/\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0015】また、本発明に係る情報記録装置のさらに好ましい第3の構成は、カンチレバー先端部に設けられた導電性探針をP型のアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に近接あるいは接触させた状態で、探針と前記記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録装置であって、探針がP型のダイヤモンドで構成され、アモルファス半導体薄膜が厚さ5ナノメートル以上、25ナノメートル以下のGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類を含む材料で構成され、記録媒体表面は厚さ2ナノメートル以上、1ミクロン以下の絶縁性液体で被覆されているものである。

【0016】次に、本発明の第1の情報記録方法は、アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することを特徴とする。

【0017】また、本発明に係る情報記録方法の第2の構成は、アモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられ、アモルファス半導体薄膜と同じ導電型の半導体で構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、導電型がP型の導電性探針を用いる場合には、探針に負性の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込

み時にのみ探針に正の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトし、導電型がN型の導電性探針を用いる場合には、探針に正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、記録時にのみ探針に、負の電圧を印加することによりデータ・ビットをオーバーライトすることを特徴とする。

【0018】また、本発明の情報記録方法の第1、第2の構成においては、導電性探針と記録媒体との間に電圧を印加した状態で、探針を前記録媒体表面に沿って相

対的に移動させながら、探針と記録媒体との間に流れる電流を検出して、データ・ビットを読み出し再生することが好ましい。

【0019】また、本発明に係る情報記録方法のさらに好ましい第3の構成は、厚さ5ナノメートル以上、25ナノメートル以下のGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類の材料からなるP型のアモルファス半導体薄膜を含む記録媒体表面に、カンチレバー先端部に設けられたP型のダイヤモンドで構成され導電性探針を近接あるいは接触させた状態で、探針と前記録媒体との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録する情報記録方法であって、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加し、データ・ビットの読み出し時には書き込み時よりも小さな正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、探針を流れる電流を検出してデータ・ビットを読み出すことを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態における情報記録装置及び情報記録方法について、図面を参照しながら説明する。

【0021】図1は本発明実施の形態における情報記録装置の概略を示す断面図である。カンチレバー5の先端部に設けられた導電性探針4を、導電性基体1上に形成されたアモルファス半導体薄膜2からなる記録媒体3の表面に接触させた状態で、前記導電性探針4と前記記録媒体3との間に電圧を印加して、データ・ビットを記録するというものである。

【0022】この際、導電性探針4を、アモルファス半導体薄膜2と同じ導電型の半導体で構成することにより、書き込みのために必要とされる探針4への印加電圧を、異なる導電型の導電性探針とアモルファス半導体で構成した場合よりも低くすることができる。つまり、P型のアモルファス半導体に対してはP型の半導体からなる探針を用い、N型のアモルファス半導体に対してはN型の半導体からなる探針を用いてやればよい。これは、探針4とアモルファス材料薄膜2との導電型を一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入がより低い電圧で行なわれるようになったためと考えられる。

【0023】次に情報を記録する際の具体的な方法についてであるが、導電型がP型の導電性探針およびアモルファス半導体を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に探針に正の電圧を、消去時には負の電圧を印加することにより、それぞれ逆極性の電圧を印加する場合よりも再現性良く、かつ低電圧で書き込みおよび消去を行なうことができる。また、導電型がN型の探針およびアモルファス半導体を用いる場合には、データ・ビットの書き込み時に導電性探針に負の電圧を、消去時には正の電圧を印加することにより、それぞれ逆極性の電圧を印加する場合よりも再現性良く、かつ低電圧で書き込みおよび消去を行なうことができる。この原因としては、書き込みはP型のアモルファス半導体ではP型の探針を用いることにより容易に正孔の注入が行なわれ、N型のアモルファス半導体ではN型の探針により電子の注入が容易に行なわれるためと考えられる。

【0024】次に既にかき込まれた情報の上に、新しい情報を書き込むオーバーライトを行なう際の具体的な方法についてであるが、導電型がP型の導電性探針およびP型のアモルファス半導体を用いる場合には、導電性探針に負の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ導電性探針に正の電圧を印加し、導電型がN型の探針およびN型のアモルファス半導体を用いる場合には、導電性探針に正の電圧を印加した状態で、探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、書き込み時にのみ前記導電性探針に、負の電圧を印加する。

【0025】なお、情報の読み出し（再生）は、導電性探針と記録媒体との間に書き込み時と同じ極性の電圧を印加した状態で、導電性探針を記録媒体表面に沿って相対的に移動させながら、導電性探針に流れる電流を検出することにより行なうことができる。

【0026】また、記録媒体3（アモルファス半導体薄膜2）の表面をシリコンオイルなどの絶縁性液体で被覆することにより、探針や記録媒体が破損し始める探針への印加電圧をより大きくすることができ、結果として情報記録装置の耐久性を向上させることができる。これは探針や記録媒体の破損が電界蒸発現象により発生しているため、探針の先端近傍と探針により強電界が印加される記録媒体表面との間に絶縁性液体を介在させることにより電界蒸発が起こりにくくなったものと考えられる。

【0027】以上、本発明の概要について説明を行ったが、以下では詳細に本発明を説明することとする。

【0028】（実施の形態1）図2に本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図を示すが、以下では、記録媒体と情報記録装置とに分けて本実施の形態を説明する。

【0029】まず記録媒体についてであるが、図2に示すように、円盤14（例えばアルミ等から形成されている）の上には導電性基体1（例えばシリコン等から形成

10

20

30

40

50

されている) が形成されており、さらに導電性基体 1 の上には、アモルファス半導体材料である厚さ 20 nm のアモルファス状態の GeSb_2Te 、薄膜 2 が形成されている。そして上記の電性基体 1 及びアモルファス半導体材料 2 により記録媒体 3 を形成している。なお、上記のアモルファス半導体材料 2 の導電型は P 型であり、初期状態における抵抗値が大きい (例えば $10^3 \Omega \text{cm}$) ものが用いられている。

【0030】一方情報記録装置についてであるが、記録媒体 3 に対向して配置された導電性探針 4 は、ほう素をイオン注入した P 型導電性のダイヤモンドから構成されており、記録又は再生中に起こり得る記録媒体 3 の表面との衝突による衝撃を和らげるために、厚さ 30 ミクロンの金属箔によって作製されたバネ定数 0.1 N/m のカンチレバー 5 の先端部に導電性接着剤 13 により固定されている。

【0031】上記のカンチレバー 5 は、X 方向、Y 方向及び Z 方向に精密駆動可能なアクチュエーター 6 に取り付けられており、これにより、導電性探針 4 を記録媒体 3 の表面に沿って 0.1 nm 以下の精度で移動させることができる。また、直流電圧電源 7 と、パルス電圧電源 8 と、これらの電圧を加算する電圧加算器 9 とにより、導電性探針 4 と記録媒体 3 との間に電圧を印加する構成となっている。なお、これらの回路には $1 \text{ M}\Omega$ の保護抵抗 10 と、導電性探針 4 を流れる電流を検出するための電流増幅器 11 とが接続されている。

【0032】次に以下では、図 2 を参照しながら本実施の形態における情報の記録、再生方法について説明する。

【0033】導電性探針 4 は、アクチュエーター 6 によって記録媒体 3 の表面に小さな力で接触するように制御されながら、相対速度 2 mm/sec で円盤 14 を回転させることにより記録媒体 3 表面上を移動する。導電性探針 4 が記録すべき位置に達した瞬間に、パルス電圧電源 8 によって $+3 \text{ V} - 10 \mu \text{ sec}$ のパルス電圧を発生させ導電性探針 4 に電圧を印加すると、記録媒体 3 のうちパルス電圧を印加した部分 12 は、抵抗値が低下して (例えば $10 \Omega \text{cm}$)、これがデータ・ビットとして記録された。上記のように抵抗値が変化する理由は、媒体表面のエネルギーバンド構造が変化し、結果として電流が流れやすくなったためと考えられる。

【0034】今度は記録した情報の再生方法について説明する。記録部は抵抗値が未記録部と異なり、抵抗値が低くなっているため、この抵抗値の変化を電流値の変化として読み出すことにより記録された情報を読み出すことができる。具体的には、導電性探針 4 に電源 7 によって $+0.5 \text{ V}$ の直流電圧を印加し、記録媒体 3 の表面に接触させながら相対速度 2 mm/sec で円盤 14 を回転させることにより記録媒体 3 表面を走査した。この時、探針 4 を流れる電流を電流増幅器 11 を通して検出

することにより、記録されたデータ・ビットを読み出すことができた。但し、この再生時の再生電圧は、記録媒体が抵抗値変化を起こさない程度の大きさである必要がある。本実施の形態の場合、書き込み可能な電圧 (言い換えれば記録媒体の抵抗値に変化を与えることの可能な電圧) のしきい値は $+2.7 \text{ V}$ であった。したがって、それ以下の電圧を印加することにより、情報の読み出しを行う必要がある。この方法によって再生された記録部 12 の大きさは、直径が約 20 nm の円であった (なお、探針の先端の曲率半径は 100 nm 程度である)。記録ビットがこの程度の大きさの場合には、 1 Tbit/in^2 程度の情報を記録することは十分可能である。また、この記録ビットの大きさは、導電性探針 4 と記録媒体 3 との接触面積に依存する。従って、先端曲率半径の小さい導電性探針を用いることにより、さらなる高密度化を図ることができる。

【0035】次に以下では、記録した情報の消去方法について説明する。上記した記録時と同様に導電性探針 4 を記録されたデータ・ビット上に移動し、導電性探針 4 を記録媒体 3 に接触させた状態で、 $-1 \text{ V} - 10 \mu \text{ sec}$ のパルス電圧を印加すると、記録部の抵抗値が増加して記録前の抵抗値に戻り、結果としてデータ・ビットが消去できる。

【0036】書き込み時に、探針の材料として金属や導電型が N 型の半導体 (例えば N 型炭化珪素、N 型 Ge など) を用いると、書き込みされる電圧のしきい値は $+3.5 \text{ V}$ 程度に上昇してしまう。また、探針が破損する電圧も約 2 V 低下し、 5 V 程度となった。さらに、書き込み、読み出し、消去時においても、P 型の半導体により構成された探針を用いた場合と比較して、それぞれの操作の再現性が低下し、書き込まれたビットの形状も不安定なものとなった。

【0037】一方、アモルファス半導体材料の導電型が N 型、例えば N 型 Ge 、N 型 Si 、N 型 GeSe などの場合には、N 型の探針を用いることにより優れた書き込み、読み出し、消去特性が得られ、P 型の探針を用いたときは、再現性の悪い特性が得られた。各種組合せの中で P 型のアモルファス半導体材料と P 型のダイヤモンド探針の組合せにおいて最も優れた特性が得られた。

【0038】従って、情報の記録を行うための最低電圧を低くするとともに探針の破損を防止するためには、記録媒体に用いられるアモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることが極めて有効であり、上記のようにアモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入を行うことのできる最低電圧を低下させることが可能となる。

【0039】ここで、情報記録速度 (書き込み速度) について説明する。情報の記録速度を高めるためには、一般に印加するパルス電圧のパルス幅を短くしてやればよ

い。しかしながら、一方でパルス幅を短くするためにはパルス電圧の値そのものを大きくする必要性があり、あまりにもパルス電圧の値を高くすると、探針が損傷してしまう。本発明では、上記したように、アモルファス半導体材料の導電型と探針の導電型とを一致させることにより、アモルファス半導体薄膜への電子や正孔の注入を行うことのできる最低電圧を低下させることが可能となるため、たとえパルス幅を短くするためにパルス電圧の値を大きくしても根本的に記録を行う電圧が小さいため、探針が損傷するといった問題点は生じず、結果的には情報記録の高速化と情報記録装置の耐久性の向上とを同時に達成することができる。

【0040】以上のように、本発明の記録再生消去方法について説明したが、上記の方法により、記録媒体の抵抗値が導電性探針から電圧を印加することにより可逆的に増減するメカニズムは、アモルファス状態の半導体薄膜のエネルギーバンド構造の変化が原因と考えられる。この変化は、アモルファス半導体の導電型がN型の場合は電子の注入が、P型の場合は正孔の注入が寄与しているものと考えられ、書き込み、読み出し、消去特性にアモルファス半導体と、探針の導電型の組合せが重要となったものと考えられる。

【0041】なお、本実施の形態において、アモルファス半導体薄膜材料として用いたGe-Sb-Teの組成比はGeSb₂Te₃に限定されるものではなく、また、アモルファス半導体薄膜材料としてもGeSbTeに限定されるものではない。従って、Ge、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含んでいるカルコゲナイド系アモルファス半導体材料、例えば、GeTe、SiTe、GeTeSn、SbTe、GaSb、SbSe、SnTe、PbTe、SbSe、BiSe、GeSe、GaIn、InSbTeや、アモルファスGe、アモルファスSiを用いても上記した本実施の形態のように情報を記録、再生、消去を行うことができる。

【0042】しかしながら、アモルファス半導体薄膜の厚さは、5ナノメートル以上、25ナノメートル以下の場合においてとりわけ優れた特性が得られることが判明した。25ナノメートルより厚い場合も書き込み、読み出し、消去は可能であるが、それらに必要な電圧が増加し、探針が損傷を受けやすくなるといった欠点があり、5ナノメートルより薄い場合はアモルファス半導体薄膜が損傷を受けやすくなるといった欠点がある。

【0043】また、導電性探針としてはGe、Si、窒化ほう素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、窒化チタン、炭化ほう素、炭化珪素、ダイヤモンドから選ばれる少なくとも1種類を含む材料を用いることが望ましいことが判明した。

【0044】さらに、カンチレバーのバネ定数は、0.5N/m以下のものを用いることにより、走査中に発生する探針の摩耗やアモルファス半導体の機械的損傷を抑

えることができた。

【0045】（実施の形態2）図3は本発明の実施の形態2における情報記録装置の構成断面図を示す。本実施の形態は、基本的には上記した実施の形態1における情報記録再生装置と構成が類似しているが、記録媒体上に絶縁性の液体が形成されている点が異なり、以下ではその点に注目して本実施の形態を説明する。

【0046】図3に示すように、導電性基体1の上には、アモルファス半導体材料2である厚さ20nmのアモルファス状態のGeSb₂Te₃薄膜2が形成されており、上記の導電性基体1とアモルファス半導体材料とにより記録媒体3を構成している。そして、さらにこの薄膜2の上には厚さ100nmのシリコンオイルからなる絶縁性液体15が被覆されている。なお、この被覆層はシリコンオイルの蒸気中に記録媒体3を保持することにより形成した。

【0047】絶縁性液体での被覆の有無による、書き込み、読み出し、消去特性への影響を調べたところ、書き込み時のパルス電圧の最大値（探針やアモルファス半導体に損傷を与え始める電圧）が、絶縁性液体の被覆により30%増大した。読み出し時や消去時にはノイズ信号の低下や再現性の向上が見られた。上記の点について図4を参照しながら詳細に説明する。図4は、情報を記録する際の探針4付近の詳細図を示したものであるが、探針4とアモルファス半導体薄膜2とが接触してはいないものの、その離間している距離が非常に小さい場合には、探針4の材料が蒸発してアモルファス半導体薄膜側に飛散してしまう（電界蒸発特性）。しかしながら、本実施の形態のように、記録媒体の表面に薄く液体を形成しておく、その液体によって探針の材料が飛散することを防止することができるため、上記のように探針が損傷を受けるしきい電圧が高くなる。また、ノイズの低下を達成することのできる原因は、上記したような探針4とアモルファス半導体薄膜2とが接触してはいないものの、その離間している距離が非常に小さい領域において、放電が発生することを防止することができたためと考えられる。

【0048】また、この絶縁性液体の被覆の厚さは2ナノメートル以上、2ミクロン以下が有効であった。2ミクロンより厚い場合は、記録媒体と探針との相対速度を大きくした場合、電氣的接触が不十分となる場合があり書き込まれた、データ・ビットを読み落とすことがあった。また2ナノメートルより薄い場合は、効果が不十分であった。

【0049】なお、上記の絶縁性液体としてはシリコンオイル以外に、含弗素カルボン酸系や含弗素カルボン酸エステル系などの潤滑剤でも実施可能である。

【0050】導電性探針がP型のダイヤモンドで構成し、アモルファス半導体薄膜がGe、Si、SbおよびTeから選ばれる少なくとも1種類を含むP型導電性の

材料で構成し、その表面を絶縁性液体で被覆した場合に、とりわけ優れた書き込み、読み出し、消去特性や長期にわたる安定性、再現性を実現できた。これは、ダイヤモンドを採用することにより耐摩耗性及び耐電界蒸発特性が向上したためと考えられる。

【0051】(実施の形態3)次に以下では図2を参照しながら、記録された情報のオーバーライト操作について説明する。なお、実施の形態1と同様に、アモルファス半導体薄膜としてP型のGeSb₂Te₃薄膜を用い、導電性探針4としてはほう素をドーピングしたP型の炭化珪素を用いた場合について説明する。

【0052】導電性探針4には、予め直流電圧電源7によって-1Vの直流電圧が印加されている。上記のように負の電圧を印加した状態で、記録媒体3の表面に探針を接触させながら、2mm/secの速度で走査すると、+3V-10μsecのパルス電圧印加で記録されたデータ・ビットはすべて消去される。

【0053】導電性探針4がオーバーライト情報を記録すべき位置に達した瞬間に、パルス電圧電源8によって+4V-10μsecのパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に+3V-10μsecのパルス電圧を印加する。上記の操作により、記録媒体3のうちパルス電圧を印加した部分12は、抵抗値が低下して、これがデータ・ビットとして記録される。より詳細に説明すると、予め抵抗値が高い状態で記録されていた領域は上記の+3V-10μsecのパルス電圧の印加により抵抗値が低下し、予め抵抗値が低い状態で記録されていた領域は+3V-10μsecのパルス電圧の印加により記録媒体(アモルファス半導体材料薄膜)の状態は変化しないものの、抵抗値が低い状態が保持される結果となる。

【0054】以上の操作により、以前に記録されたデータ・ビットを消去しながら、新たなデータ・ビット12を記録する、いわゆるオーバーライト操作を、1本の導電性探針4で行うことが可能となった。

【0055】尚、本実施の形態においては、導電性探針4側に正電圧パルスを印加してオーバーライト操作を行っているが、負電圧パルスを印加することによりオーバーライト操作を行った場合は、書き込み可能な最小パルス電圧が上昇した。例えば、直流電圧電源7によって導電性探針4に+1Vの直流電圧を印加した状態で導電性探針4を移動させて、以前のデータ・ビットを消去しながら、導電性探針4が記録すべき位置に達した瞬間に、電源8によって-4V-10μsecのパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に-3V-10μsecのパルス電圧を印加しても、新たなデータ・ビットを記録できないこともあった。従って、本発明において、P型の記録媒体に対してP型の探針を用いた場合には、正の電圧により情報を記録することが最も望ましい形態となる。

【0056】また、アモルファス半導体薄膜材料としてN型半導体を用い、探針としてN型の半導体を用いた場合は、導電性探針4に+1Vの直流電圧を印加した状態で導電性探針4を移動させて、探針に負の電圧パルスを印加して記録された以前のデータ・ビットを消去しながら、導電性探針4が記録すべき位置に達した瞬間に、電源8によって-4V-10μsecのパルス電圧を発生させ、電圧加算器9を通して導電性探針4に-3V-10μsecのパルス電圧を印加することにより、新たなデータ・ビットを記録することができた。

【0057】オーバーライト操作においてもアモルファス半導体と導電性探針の導電型が異なる場合には書き込み電圧が上昇したり、再現性が不十分な場合があり、優れた特性が得られなかった。

【0058】アモルファス半導体として用いたGe-Sb-Teの組成比はGeSb₂Te₃に限定されるものではなく、また、本実施の形態においては、アモルファス半導体薄膜材料としてGeSbTeを用いているが、必ずしもこれに限定されるものでもない。従って、Ge、Si、Sb及びTeから選ばれる少なくとも1種類を含んでいるカルコゲナイド系アモルファス半導体材料、例えば、GeTe、SiTe、GeTeSn、SbTe、GaSb、SbSe、SnTe、PbTe、SbSe、BiSe、GeSe、GaIn、InSbTeや、アモルファスGe、アモルファスSiを用いることもできる。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構成によれば、書き込みや消去に必要な電圧を低減し、かつ導電性探針、あるいは記録媒体を構成するアモルファス半導体薄膜が損傷を受け始める電圧を増大させることができる。その結果超高密度メモリ装置としての安定性、信頼性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図2】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図3】本発明の実施の形態における情報記録装置の構成断面図

【図4】本発明の実施の形態における情報記録装置の探針付近の断面図

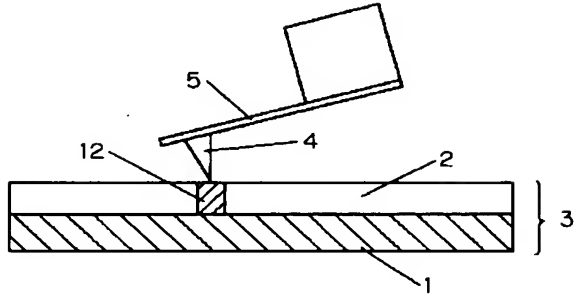
【符号の説明】

- 1 導電性基体
- 2 アモルファス半導体薄膜
- 3 記録媒体
- 4 導電性探針
- 5 カンチレバー
- 6 アクチュエータ
- 7 直流電圧電源

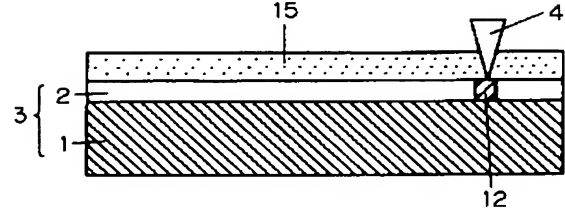
- 13
8 パルス電圧電源
9 電圧加算器
10 保護抵抗
11 電流増幅器
12 記録されたデータ・ビット

- 13 導電性接着剤
14 円盤
15 絶縁性液体
16 蒸発粒子

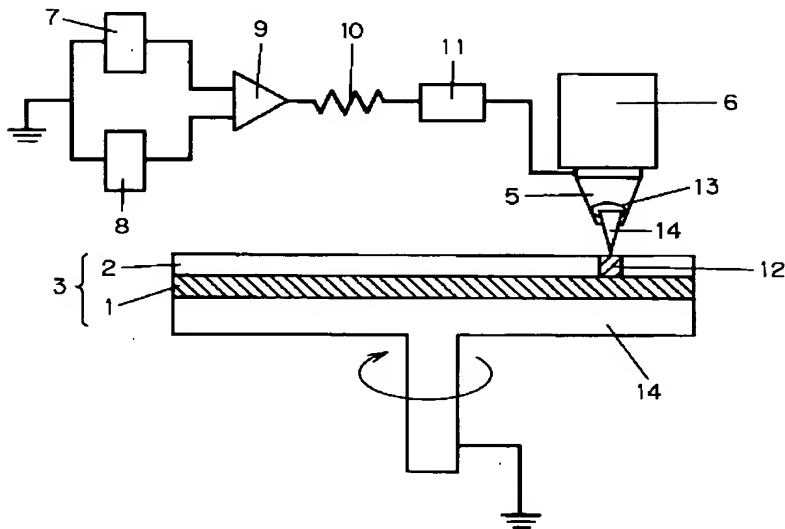
【図 1】



【図 3】



【図 2】



【図 4】

